

УДК 621.311

АНАЛИЗ СПЕКТРА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. А. Киргуев¹, Д. А. Кумсиев², А. Ф. Мисиков³, О. А. Гаврина⁴

^{1,2,3,4} Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), Владикавказ, Россия

¹ kluev-roman@rambler.ru

Аннотация. В работе проведен анализ спектра тока и напряжения по высшим гармоническим составляющим основного технологического оборудования крупного металлургического предприятия.

Ключевые слова: потребители электроэнергии, спектр напряжений и токов, гармоники

ANALYSIS OF THE SPECTRUM OF CURRENTS AND VOLTAGES OF CONSUMERS OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

D. A. Kirguyev¹, D. A. Kumsiev², A. F. Misikov³, O. A. Gavrina⁴

^{1,2,3,4} North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz, Russia

¹ kluev-roman@rambler.ru

Abstract. The paper analyzes the spectrum of current and voltage by the higher harmonic components of the main technological equipment of a large metallurgical enterprise.

Keywords: consumers of electricity, range of voltages and currents, harmonics

Высокий уровень конкуренции в сфере металлургического производства обуславливает повышенные требования к качеству электроэнергии, являющейся одной из основных составных частей всех циклов технологических процессов. По этой причине системы обеспечения качества электроснабжения должны функционировать таким образом, чтобы они были способны справиться с широким спектром

проблем, начиная от провалов, колебаний, выбросов напряжения, высокочастотных шумов, импульсных помех и заканчивая обеспечением электропитанием при полном отсутствии напряжения промышленной сети. Одну из таких проблем представляют искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими напряжения.

В связи с вышеизложенным, проблема исследования высших гармонических составляющих напряжения и уменьшения их негативного влияния, как на приемники электроэнергии, так и на питающую электрическую сеть, является весьма важной [1–5]. Так, для одного из крупнейших металлургических предприятий, решение этой проблемы представляет особую актуальность в связи с наличием на предприятии большого числа электроприемников, искажающих синусоидальную форму напряжения в сети. Основными потребителем электроэнергии рассматриваемого предприятия является электролизное производство (около 70 %). Питание электролизеров осуществляется от одиннадцати регулируемых 6-ти и 12-ти фазных вентильных преобразователей, которые и являются источниками высших гармоник. Кроме того, на предприятии имеются индукционные и дуговые шликерные печи, синхронные и асинхронные двигатели.

Измерение показателей КЭ проводились с помощью прибора ПКК-57 на главной понизительной подстанции (ГПП) и на цеховых подстанциях завода. Получены значения тока, напряжения, мощности, коэффициентов несинусоидальности по напряжению и току по выпрямительным агрегатам, индукционным и дуговым печам, двигателям. Так, по выпрямительному агрегату спектральный состав по току и напряжению представлен в таблице. Видно, что в выпрямительном агрегате появляются высшие гармоники по току (3), по напряжению (5, 7, 11, 13).

Таблица

Спектральный состав по току и напряжению выпрямительного агрегата

Номер гармоники, n	Спектральный состав				
	по току, $(\frac{I_n}{I_1}, \%)$			по напряжению, $(\frac{U_n}{U_1}, \%)$	
	Фаза A	Фаза B	Фаза C	U_{12}	U_{23}
1	100	100	100	100	100
3	—	—	—	—	—
5	24,88	24,44	25,86	1,09	1,02

Окончание табл.

Номер гармоники, n	Спектральный состав				
	по току, ($\frac{I_n}{I_1}, \%$)			по напряжению, ($\frac{U_n}{U_1}, \%$)	
	Фаза A	Фаза B	Фаза C	U_{12}	U_{23}
7	—	—	—	1,22	1,10
9	—	—	—	—	—
11	—	—	—	1,80	1,73
13	—	—	—	1,86	1,85

По индукционным печам измерения проведены при включенных и отключенных батареях статических конденсаторов (БСК). Результаты по индукционной печи приведены на рис. 1, 2.

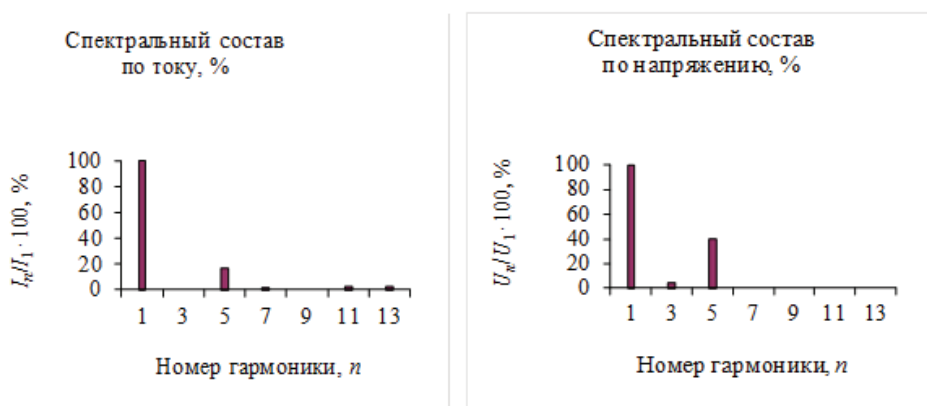


Рис. 1. Спектры токов и напряжений при включенных БСК



Рис. 2. Спектр напряжений при отключенных БСК

Из рис. 1, 2 видно, что при выключении БСК на индукционных печах возникают, помимо 3 и 5 гармоник по напряжению, 7, 11, 13, 17, 19 гармоники, процентное содержание которых составляет от 0,6 до 2,55 %. При включенных БСК процентное содержание 3 гармоники — 4,78 %, 5—40,22 %.

Список источников

1. Ранговый анализ высших гармонических составляющих по напряжению на предприятиях цветной металлургии / Р. В. Ключев [и др.] // Энергоэффективность. Ценология. Экология и Энергобезопасность: материалы науч. конф. Астрахань : Сорокин Р. В., 2020. С. 179—184.

2. Analysis of non-sinusoidal voltage at metallurgical enterprises [Electronic resource] / R. V. Klyuev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The conference proceedings ETSaP. Tyumen : Tyumen industrial University, 2019. Vol. 663, № 1. № 012032. DOI: 10.1088/1757-899X/663/1/012032 (date of access: 12.11.2020).

3. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Alborov A. D. Research of non-sinusoidal voltage in power supply system of metallurgical enterprises [Electronic resource] // Advances in Automation: Proceedings of the International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2019, September 8—14, 2019. Vol. 641. P. 393—400. DOI: 10.1007/978-3-030-39225-3_42 (date of access: 12.11.2020).

4. Rank analysis of higher harmonics voltage spectrum of metallurgy enterprises [Electronic resource] / R. V. Klyuev [et al.] // Proceedings of the VIII Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018): Advances in Engineering Research, Essentuki, Russia, October 10—13, 2018. Vol. 182. AtlantisPress, 2018. P. 169—174. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ciggg-18/55915019> (date of access: 06.12.2020).

5. Experimental and analytical study of highest harmonic components of voltage of industrial enterprises [Electronic resource] / R. V. Klyuev [et al.] // Proceedings of the VIII Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018): Advances in Engineering Research, Essentuki, Russia, October 10—13, 2018. Vol. 182. AtlantisPress, 2018. P. 175—179. URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ciggg-18/55915020> (date of access: 06.12.2020).